

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЭКОСИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСЧЕТНОГО ПАКЕТА VSD+ STUDIO

SIMULATION OF CRITICAL LOADS FOR ECOSYSTEMS USING VSD+STUDIO SOFTWARE

В. А. Иванюкович, Р. М. Невар
U. Ivaniukovich, R. Nevar

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
u.ivaniukovich@gmail.com
Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Рассматриваются программные средства VSD + Studio и vrvp22. Критические нагрузки моделировались с помощью VSD + Studio software, используя данные из станции мониторинга Высокое (Каменецкий район, департамент Брест). Определены необходимые условия использования программного обеспечения.

VSD+Studio and vrvp22 softwares were considered in the report. Critical loads were simulated by means of VSD+Studio software using data from monitoring station Vysokoe (Kamenets region, Brest department). Necessary conditions to use considered software were determined.

Ключевые слова: критические нагрузки, экосистема, почва, моделирование, загрязняющие вещества, программный пакет, катионы, анионы.

Keywords: critical loads, ecosystem, soils, simulation, pollutants, software, cations, anions.

Одним из востребованных направлений исследований, поддерживаемых Минприроды, является разработка методики оценки критических нагрузок загрязняющих веществ на экосистемы Беларуси.

Изучение влияний загрязняющих веществ на экосистемы проводится с 60-х годов прошлого века. Большой прорыв в таких исследованиях произошел благодаря принятию Лондонской конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979 г.), которая стимулировала выполнение большого количества исследовательских проектов, направленных на изучение воздействия поллютантов на экосистемы. В результате были разработаны концепция критических нагрузок на экосистемы и теоретические основы, необходимые для их расчета. Сегодня в свободном доступе имеются прикладные программы, рекомендованные Европейским координационным центром, предназначенные для расчета критических нагрузок.

При оценке критических нагрузок решающее значение имеет прогнозирование накопления различных поллютантов в почве. В докладе рассматриваются возможности использования для этой цели двух программных пакетов – VSD+Studio и vrvp22. Эти пакеты представляют собой мощный инструмент, который используется и совершенствуется европейским сообществом начиная с 2003 г. Последнее обновление было сделано в ноябре 2016 г. Vrvp22 является расширенной версией пакета VSD+Studio и требует большего количества входных данных, большая часть из которых не измеряется на станциях мониторинга окружающей среды в Беларуси. Поэтому основное внимание уделено изучению пакета VSD+Studio.

В основе расчетов лежит уравнение простого массового баланса

$$[H^+] + [BC^{2+}] + [Na^+] + [Al^{3+}] + [NH_4^+] = [SO_4^{2+}] + [NO_3^-] + [Cl^-] + [HCO_3^-] + [Org^-], \quad (1)$$

в котором учитываются катионы и анионы водорода (H^+), натрия (Na^+), алюминия (Al^{3+}), хлора (Cl^-), аммония (NH_4^+), сульфата (SO_4^{2+}), окиси азота (NO_3^-), бикарбоната (HCO_3^-), органические анионы (Org^-) и сумма базовых катионов кальция, калия и натрия (BC^{2+}).

Уравнение простого массового баланса относится к процессам, происходящим в растительности. Предполагается, что иммобилизация поллютантов в экосистемах обусловлена, в основном, именно вегетационными процессами.

В динамической модели уравнение простого массового баланса дополняется зависящими от времени уравнениями обмена катионов (Гинеса – Томоса или Гапона) и иммобилизации азота в почве.

С помощью вычислительного программного пакета VSD+Studio были промоделированы процессы загрязнения почв по данным станции мониторинга Высокое (Каменецкий р-н Брестской обл.).

Основная проблема в применении рассмотренных пакетов состояла в том, что белорусские станции мониторинга окружающей среды не измеряют ряд параметров, необходимых для запуска выбранных пакетов. Поэтому для моделирования часть данных была взята из отчетов Европейского координационного центра по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния [1] для почв, наиболее близких к почвам исследуемого района Беларуси.

Для того, чтобы использовать рекомендуемую европейским сообществом методику и программный пакет VSD+Studio, дополнительно нужно производить измерения следующих параметров: толщина корневого слоя, плотность почвы, содержание глины в почве, давление CO₂ в почве, коэффициент катионного обмена, годовое изменение SO₂ в почве, содержание водорода в почве, содержание базовых катионов в почве, содержание алюминия в почве.

Для применения пакета vrvr22 для моделирования процессов накопления загрязняющих веществ в почвах Беларуси необходимо измерение еще большого количества дополнительных параметров.

Следует учитывать тот факт, что модели делают расчет для ограниченного количества поллютантов, участвующих в вегетационном процессе – серы, азота, базовых катионов и алюминия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). Mapping Manual of the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, ICP Modelling and Mapping (2004) / Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). Berlin, December 2004, 206 p. (P. 43–55).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАКОПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ MATHEMATICAL MODEL FOR POLLUTANT ACCUMULATION IN SOILS USING EXPERIMENTAL DATA

В. А. Иванюкович, Р. М. Невар
U. Ivaniukovich, R. Nevar

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ,
г.Минск, Республика Беларусь
u.ivaniukovich@gmail.com
Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Описано моделирование накопления загрязнений в почвах. Коэффициенты в решении дифференциальных уравнений рассчитывались по данным экологического мониторинга.

Simulation of pollutant accumulation in soils work is described. Coefficients in the solution of differential equations were calculated using data of ecological monitoring.

Ключевые слова: почва, накопление, загрязняющие вещества, моделирование, прогнозирование, критические нагрузки.

Keywords: soils, accumulation, pollutants, simulation, forecasting, critical loads, ecosystems.

Одной из важнейших составляющих при оценке критических нагрузок на экосистему является накопление загрязняющих веществ в почве. При расчете этой величины должны учитываться такие локальные факторы, как поступление поллютантов в атмосферу и их осаждение, физико-химические свойства почвы, наличие необходимых данных в результатах мониторинга окружающей среды и др. Так, при разработке модели накопления загрязняющих веществ в почвах Беларуси пришлось учитывать то, что разные станции мониторинга предоставляют данные по разным веществам, а измерения данных проводятся с разной периодичностью.

В докладе представлена динамическая модель накопления различных загрязняющих веществ в почве, в которой ежегодно публикуемые данные мониторингов используются для расчета коэффициентов в решении дифференциальных уравнений.

Накопление загрязняющих веществ в почве происходит в результате двух противоположных процессов – их поступления из внешних источников и удаления вследствие физико-химических и биологических процессов. Предполагается, что поступление веществ в почву происходит вследствие их осаждения с атмосферными осадками, гравитационного осаждения веществ из воздушной среды и «фоновое поступление» веществ. Фоновое поступление загрязняющих веществ учитывает действие таких трудно контролируемых процессов, как поступление веществ с опавшей листвой и другим биоматериалом, зависимость от локальных условий миграция, химические процессы в почве и т. п. В общем виде процесс ежегодного поступления вещества в почву можно описать следующим уравнением:

$$\frac{dC_{N, \text{пост}}}{dt} = \alpha_{\text{ос}} C_{N, \text{ос}} + \alpha_{\text{грав}} C_{N, \text{возд}} + C_{\text{фон, пост}}, \quad (1)$$

где $C_{N, \text{пост}}$ – концентрация загрязняющего вещества в почве; $\alpha_{\text{ос}}$ – коэффициент, учитывающий поступление вещества в почву с осадками; $C_{N, \text{ос}}$ – концентрация вещества в осадках; $\alpha_{\text{грав}}$ – коэффициент, учитывающий гравита-